

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 696 295

(21) N° d'enregistrement national :

92 11578

(51) Int Cl<sup>5</sup> : H 03 F 1/32, 3/20

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 29.09.92.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : 01.04.94 Bulletin 94/13.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : Se reporter à la fin du présent fascicule.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : AGENCE SPATIALE EUROPEENNE  
— FR.

(72) Inventeur(s) : Bharj Jaspal Singh.

(73) Titulaire(s) :

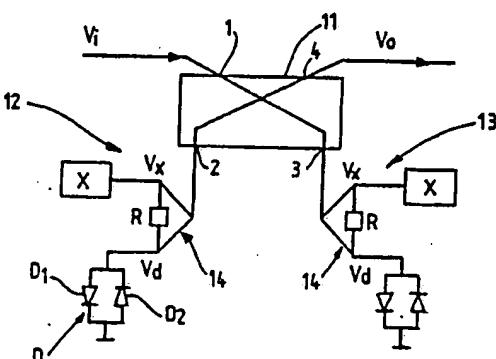
(74) Mandataire : Cabinet Peusset.

(54) Dispositif pour corriger les distorsions non-linéaires d'un amplificateur électronique.

(57) Un dispositif comprenant un moyen séparateur/combinateur (11) agencé pour diviser un signal entrant ( $V_i$ ) entre deux ports (2, 3) et pour combiner les signaux réfléchis par des circuits connectés auxdits ports (2, 3) et former un signal de sortie ( $V_o$ ).

Conformément à l'invention, les circuits (12, 13) connectés aux ports (2, 3) précités sont constitués chacun d'un séparateur/combinateur de signal (14) ayant trois branches, la première branche est connectée au port (2 ou 3) respectif, la deuxième branche comprend une réactance variable (X), et la troisième branche comprend un élément non linéaire (D).

Ce dispositif est utilisé dans les transpondeurs des systèmes de communications, en particulier les systèmes de communications par satellite.



Dispositif pour corriger les distorsions non-linéaires  
d'un amplificateur électronique

La présente invention se rapporte d'une façon générale aux systèmes de communications, en particulier les systèmes de communications par satellite, et elle concerne plus spécialement un dispositif destiné à 5 corriger les distorsions d'amplitude et de phase des amplificateurs de puissance utilisés dans les transpondeurs des systèmes de communications.

10 Les performances des amplificateurs de puissance micro-ondes sont limitées par la non-linéarité de leurs caractéristiques au voisinage de leur point de saturation, laquelle non-linéarité produit dans les signaux transmis des distorsions indésirables.

15 Or, pour assurer une capacité de transmission maximale tout en maintenant la masse des transpondeurs et leur consommation d'énergie la plus faible possible, il est nécessaire de faire travailler les amplificateurs de puissance le plus près possible de leur niveau de saturation. 20 Cependant, il faut que le point de fonctionnement des amplificateurs soit néanmoins suffisamment écarté du niveau de saturation si l'on veut éviter les effets des non-linéarités de leurs caractéristiques. En appliquant aux amplificateurs une 25 technique de correction des distorsions, il est possible de faire travailler les amplificateurs à un point de fonctionnement plus proche du niveau de saturation qu'il serait permis autrement.

Plusieurs techniques pour corriger les distorsions non-linéaire sont connues. La première est la technique de contre-réaction classique (H. Seidel, "A Microwave Feed Forward Experiment", BSTJ. Vol. 50, Novembre 1971).

5 Cette technique n'est toutefois pas applicable aux transpondeurs pour satellite car elle limite la bande de fréquences.

La deuxième technique de correction des distorsions non-linéaires est la technique de réaction positive qui utilise deux amplificateurs en parallèle. Cette technique a été utilisée pour des stations terriennes (G. Satoh, "An Active Phase and Amplitude Correction Device for TWTA's", IEEE Conf. on Earth Station Technology, Octobre 1970). Cependant elle ne convient guère pour des transpondeurs embarqués à bord d'un satellite car elle augmente le poids embarqué et réduit la fiabilité.

10 15 20 25 30 Une troisième technique pour corriger les distorsions non-linéaires, enfin, consiste à appliquer aux signaux d'entrée une prédistorsion qui est l'inverse des distorsions d'amplitude et de phase de l'amplificateur de puissance. Cette technique a été décrite par M. Kumar et al, dans "Predistortion Linearizer Using GaAs Dual-Gate MESFET for TWTA and SSPA Used in Satellite Transponders", IEEE Trans. MTT, Vol. MTT-33, N° 12, Décembre 1985. La technique par prédistorsion a été appliquée à des stations terriennes mais même dans la version la plus simple le dispositif de correction utilise un grand nombre de composants et implique un réglage d'adaptation coûteux pour l'adapter aux caractéristiques de l'amplificateur auquel il est associé.

La présente invention a pour but de remédier aux inconvenients des dispositifs connus pour corriger les distorsions non-linéaires des amplificateurs et de proposer un nouveau dispositif simple à fabriquer et qui ne demande qu'un nombre réduit de composants.

Ce but est atteint selon l'invention par un dispositif à mode réflectif comprenant un moyen séparateur/combineur agencé pour diviser un signal entrant entre deux ports et pour combiner les signaux réfléchis par des circuits connectés auxdits ports et former un signal de sortie, lequel dispositif est remarquable en ce que les circuits connectés aux ports précités sont constitués chacun d'un séparateur/combineur de signal ayant trois branches, la première branche est connectée au port respectif, la deuxième branche comprend une réactance variable, et la troisième branche comprend un élément non linéaire.

Dans un mode de réalisation, l'élément non linéaire est constitué de diodes Schottky connectées en montage antiparallèle. Une résistance relie l'élément non linéaire à la réactance variable.

Un dispositif conforme à l'invention a pour avantages d'être simple et compact, et de ne comporter qu'un nombre réduit de composants passifs seulement. Tous ces composants peuvent être aisément réalisés sur microbande ou en technologie intégrée monolithique. De par son faible poids et son faible encombrement ce dispositif convient particulièrement bien pour les équipements embarqués à bord de satellites de communications.

D'autres avantages et aspects de l'invention ressortiront à la lecture des dessins et de la description qui suivent.

5 Dans les dessins :

La figure 1 est un schéma par blocs simplifié du dispositif selon l'invention.

10 Les figures 2 et 3 sont des diagrammes vectoriels illustrant le fonctionnement du dispositif selon l'invention, la figure 2 illustrant le cas où le signal d'entrée est de faible niveau tandis que la figure 3 illustre le cas où le niveau du signal d'entrée est 15 élevé.

Se reportant à la figure 1, un dispositif conforme à l'invention comprend un circuit terminé à quadrature 11. Celui-ci a quatre ports. Le port 1 est destiné à être connecté pour recevoir un signal d'entrée  $V_i$ . Le port 4 délivre le signal de sortie  $V_o$ . Les ports 2 et 3 sont chacun connectés à un circuit à mode réflectif, respectivement noté 12 et 13.

25 Conformément à l'invention, chacun des circuits 12 et 13 comprend un séparateur/combineur de signal 14 ayant trois branches. La première branche est connectée au port 2 ou 3, la deuxième branche comprend une réactance variable  $X$  et la troisième branche comprend un élément non-linéaire  $D$  constitué par exemple d'un montage antiparallèle de deux diodes Schottky  $D_1$  et  $D_2$  reliées à un potentiel de terre. Une résistance d'adaptation  $R$  relie l'élément non-linéaire  $D$  à la réactance  $X$ .

35 L'énergie du signal d'entrée  $V_i$  se divise en deux

parties égales dans les circuits 12 et 13. Dans chacun de ceux-ci l'énergie est à son tour divisée en deux parties. Une partie est appliquée à la réactance  $X$  et se trouve réfléchie en totalité. L'autre partie de 5 l'énergie est appliquée à l'élément non-linéaire  $D$  et une fraction en est réfléchie, la fraction réfléchie dépendant de la valeur de l'impédance dynamique de l'élément non-linéaire et donc du niveau du signal d'entrée.

10

Lorsque le niveau du signal d'entrée est faible, l'impédance dynamique de  $D$  est élevée et la tension de crête du signal  $V_d$  sur l'impédance  $D$  a pratiquement la même amplitude que le signal  $V_x$ . La tension  $V_d$  est en 15 opposition de phase avec la tension d'entrée  $V_i$  (voir figure 2). La majeure partie de l'énergie d'entrée est dissipée dans la résistance  $R$  et une faible partie en est réfléchie vers le circuit terminé dans lequel elle se combine vectoriellement avec le signal réfléchi 20 identique  $V_x$  pour donner la tension de sortie  $V_o$ . Sur la figure 2 on observe le déphasage fixe  $\theta$  entre le signal d'entrée  $V_i$  et le signal dans les branches non linéaires et la phase d'insertion  $\phi$ . L'affaiblissement d'insertion dans ce cas est élevé et l'affaiblissement d'adaptation 25 est faible.

A mesure que le niveau du signal d'entrée croît, l'impédance dynamique des diodes  $D$  diminue et la tension  $V_d$  croît moins vite que  $V_x$  (voir figure 3). Moins 30 d'énergie se trouve dissipée dans la résistance  $R$  et la tension de sortie  $V_o$  croît. D'autre part, on observe sur la figure 3 que la phase d'insertion  $\phi$  diminue. L'affaiblissement d'insertion est alors plus faible.

35 En adaptant les valeurs de la longueur électrique de la

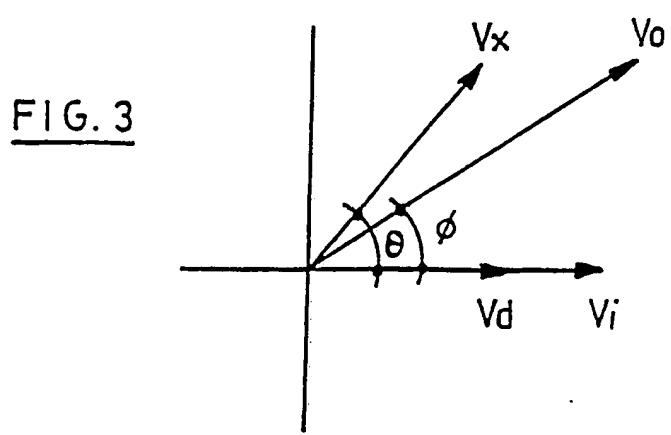
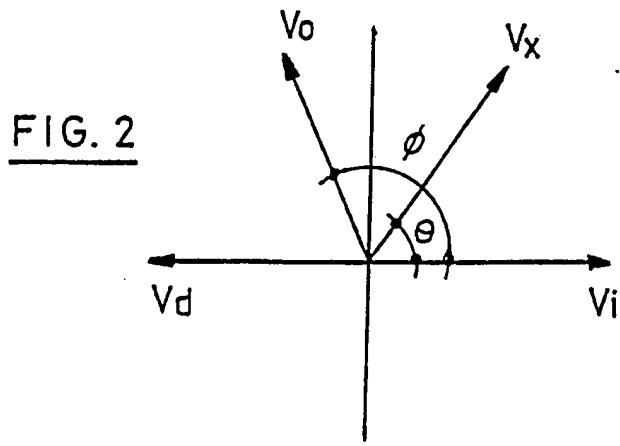
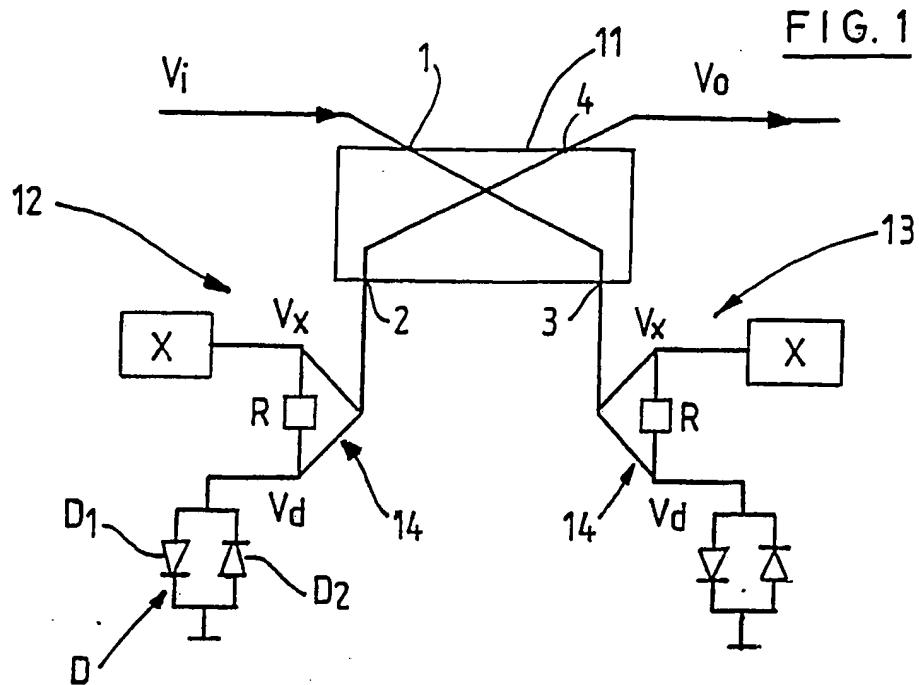
réactance  $X$  et de la résistance d'adaptation  $R$  il est donc possible de faire varier très simplement le gain d'insertion et la phase d'insertion de manière à réaliser des caractéristiques inverses des caractéristiques de gain et de phase d'un amplificateur donné. Un choix approprié pour la réactance permet même également de réaliser une compression de gain au lieu d'une expansion et de constituer ainsi un simple limiteur doux.

10

Des mesures expérimentales ont été effectuées sur un prototype fabriqué sur un substrat d'alumine ayant une constante diélectrique de 9,9 et une épaisseur de 0,635 mm avec des éléments non linéaires constitués de diodes Schottky au silicium avec conducteurs-poutres. Sur une bande de fréquences de 12 à 13 GHz une expansion de gain de 6dB et une variation de phase de plus de 10 degrés ont été obtenues. Vu les performances sur le plan des affaiblissements d'insertion et d'adaptation, le circuit 15 selon l'invention ne nécessite pas d'isolateurs comme les dispositifs connus pour corriger les distorsions 20 non-linéaires des amplificateurs.

## REVENDICATIONS

1. Dispositif pour corriger les distorsions non-linéaires d'un amplificateur de signal électronique, comprenant un moyen séparateur/combineur (11) agencé pour diviser un signal entrant (Vi) entre deux ports (2,3) et pour combiner les signaux réfléchis par des circuits connectés auxdits ports (2,3) et former un signal de sortie (Vo), caractérisé en ce que les circuits (12,13) connectés aux ports (2,3) précités sont constitués chacun d'un séparateur/combineur de signal (14) ayant trois branches, la première branche est connectée au port (2 ou 3) respectif, la deuxième branche comprend une réactance variable (X), et la troisième branche comprend un élément non linéaire (D).  
5
- 10 2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'élément non-linéaire (D) est constitué d'un montage antiparallèle de deux diodes Schottky.
- 15 3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque séparateur/combineur de signal (14) comprend une résistance (R) connectée entre la réactance variable (X) et l'élément non-linéaire (D).  
20
- 25 4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les deux circuits (12,13) connectés aux port (2,3) précités sont identiques.



INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

## RAPPORT DE RECHERCHE

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FR 9211578  
FA 480827

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	EP-A-0 277 636 (NEC CORPORATION) * colonne 4, ligne 5 - ligne 49; figure 2 * --- A US-A-4 588 958 (A. KATZ ET AL) * colonne 4, ligne 45 - colonne 6, ligne 54; figure 3 * --- A EP-A-0 411 180 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) * colonne 9, ligne 2 - ligne 41; figure 6A * -----	1-4
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		H03F H01P
1	Date d'achèvement de la recherche 10 JUIN 1993	Examinateur TYBERGHIEN G.M.
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		